



TUGAS AKHIR - SS145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI
AIR PDAM SURYA SEMBADA
SURABAYA**

**ALAN DWI KESUMO
NRP 1314 030 104**

**Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR - SS145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI
AIR PDAM SURYA SEMBADA
SURABAYA**

**ALAN DWI KESUMO
NRP 1314 030 104**

**Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT - SS145561

**PROCESS CAPABILITY ANALYSIS OF
WATER PRODUCTION PDAM SURYA SEMBADA
SURABAYA**

**ALAN DWI KESUMO
NRP 1314 030 104**

**Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.**

**DEPARTMENT OF BUSINESS STATISTICS
FAKULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI AIR PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALAN DWI KESUMO

NRP. 1314 030 104

SURABAYA,

JULI 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

NIP. 19610311 198701 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS



Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

NIP. 19740328 199802 1 001

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI AIR PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Alan Dwi Kesumo
NRP : 1314 030 104
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni R, MT.

Abstrak

Salah satu kota terbesar di Indonesia adalah Kota Surabaya. Setiap tahunnya penduduk di Surabaya bertambah sebagaimana yang tercatat di Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya. Bertambahnya jumlah penduduk meningkatkan jumlah kebutuhan air bersih yang layak konsumsi. Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya menyatakan bahwa kualitas air sungai di Surabaya kurang baik yang disebabkan pendangkalan sungai dan kegiatan industri yang membuang limbah cair ke aliran sungai yang menyebabkan permasalahan air limbah di Kota Surabaya sangat krusial. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap kualitas air produksi PDAM Surabaya untuk mengetahui apakah proses produksi air telah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali \bar{M} untuk memonitoring variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk memonitoring mean proses. Dilanjutkan dengan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui presisi atau kedekatan nilai antara suatu pengamatan dengan pengamatan yang lain dan nilai akurasi atau kedekatan nilai antara nilai pengamatan dengan nilai target. Penelitian dilakukan pada hasil produksi air pada bulan November-Desember 2016 yang diperoleh dari bagian pengendalian proses PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Analisis yang dilakukan pada penelitian memperoleh hasil bahwa mean proses telah terkendali secara statistik pada bulan November 2016 dengan C_p sebesar 1,74 dan pada bulan Desember 2016 juga terkendali secara statistik dengan C_p sebesar 1,57 serta tidak terjadi pergeseran mean proses.

Kata Kunci : Analisis Kapabilitas Proses, Peta Kendali \bar{M} , Peta Kendali T^2 Hotelling.

PROCESS CAPABILITY ANALYSIS OF WATER PRODUCTION PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA

Student Name : Alan Dwi Kesumo
NRP : 1314 030 104
Department : Bussiness Of Statistics Vocational Faculty ITS
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni R, MT.

Abstract

One of the biggest city in Indonesia is Surabaya City. Every year the population in Surabaya increases as recorded in Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya. Increasing population increases the amount of water demand worth consumption. Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya stated that the quality of river water in Surabaya is not good due to siltation of the river and industrial activities that dump liquid waste into the river that causes waste water problems in the Surabaya is crucial. In this study will be tested on quality Water production of PDAM Surabaya to determine whether the water production process has been controlled statistically using \bar{M} control chart to monitor process variability and T^2 Hotelling control chart to monitor process mean. Followed by process capability analysis to know the precision or proximity value between sautu observation with other observation and value of accuracy or proximity value between value of observation with target value. The research was conducted on water production in November-December 2016 obtained from the controlling part of PDAM Surya Sembada Surabaya. The analysis conducted in the study obtained the result that the process mean has controlled statistically in November 2016 which has C_p valuee 1,74 and December 2016 has controlled statistically too which has C_p value 1,57 where there is no moving mean process.

Keywords: *M Control Chart, Process Capability Analysis, T^2 Hotelling Control Chart.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberikan perhatian bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si selaku dosen penguji, Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si selaku dosen penguji, validator dan Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi DIII Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan saran dan masukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis.
6. Bapak Sayid M. Iqbal, S.Kom dan Bapak Agus yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
7. Ibu Siti Nur Djannah selaku Pembimbing Lapangan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah memberikan informasi untuk melengkapi Tugas Akhir ini.

8. Seluruh Karyawan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Kakak tersayang Boy Ardiyunas atas doa, dukungan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini
10. Alumni Jurusan DIII Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah berbagi ilmu dan memberikan nasihat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman HIMADATA-ITS yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman PIONEER Angkatan 2014 Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah menjadi tempat mencurahkan hati dikala sedih dan senang serta memberi semangat dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan.
13. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis membutuhkan kritik dan saran agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
<i>TITLE PAGE</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Multivariat.....	5
2.1.1 Dependensi Antar Variabel.....	5
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat.....	6
2.2 Pengendalian Kualitas Statistika	7
a. Peta Kendali M	8
b. Peta Kendali T^2 Hotelling	9
2.3 Analisis Kapabilitas Proses	11
2.4 Diagram Sebab Akibat	12
2.5 Diagram <i>Paretto</i>	13
2.6 Air.....	14
2.7 Proses Pengolahan Air Minum.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data.....	17
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Langkah Analisis	19

	Halaman
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Pada Fase I	23
4.1.1 Karakteristik Kualitas Produksi Air PDAM Surabaya.....	23
4.1.2 Dependensi Antar Variabel Fase I	24
4.1.3 Distribusi Normal Multivariat Fase I.....	24
4.1.4 Pengendalian Kualitas Statistik Fase I.....	25
a. Peta Kendali M Fase I.....	25
b. Peta Kendali T2 <i>Hotelling</i> Fase I	26
4.2 Analisis Pada Fase II	27
4.2.1 Karakteristik Kualitas Produksi Air PDAM Surabaya.....	28
4.2.2 Dependensi Antar Variabel Fase II.....	28
4.2.3 Distribusi Normal Multivariat Fase II.....	29
4.2.4 Pengendalian Kualitas Statistik Air PDAM.....	29
a. Peta Kendali M Fase II	30
b. Peta Kendali T2 <i>Hotelling</i> Fase II	30
4.3 Kapabilitas Proses	31
4.4 Diagram <i>Pareto</i>	32
4.5 Diagram Sebab Akibat	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39
BIODATA PENULIS	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data T^2 <i>Hotteling</i>	10
Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian.....	17
Tabel 4.1 Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Pada Fase I	23
Tabel 4.2 Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Pada Fase II	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat.....	13
Gambar 2.2 Diagram <i>Pareto</i>	13
Gambar 2.3 Peta Proses Produksi Air di PDAM Surabaya	16
Gambar 3.1 Diagram Alir	20
Gambar 4.1 Peta Kendali M Fase I.....	25
Gambar 4.2 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Fase I.....	26
Gambar 4.3 Perbaikan I Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i>	27
Gambar 4.4 Peta Kendali M Fase II.....	30
Gambar 4.5 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Fase II	31
Gambar 4.6 Diagram <i>Pareto</i>	32
Gambar 4.7 Diagram Sebab Akibat.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan November 2016	39
Lampiran 2. Data Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Desember 2016	39
Lampiran 3. <i>Output</i> Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Surabaya Pada Bulan November 2016 (Fase I)	41
Lampiran 4. <i>Output</i> Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Surabaya Pada Bulan Desember 2016 (Fase II)	42
Lampiran 5. <i>Output</i> Independensi Antar Variabel Pada Bulan November 2016 (Fase I)	42
Lampiran 6. <i>Output</i> Independensi Antar Variabel Pada Bulan Desember 2016 (Fase II)	42
Lampiran 7. <i>Syntax</i> Pengujian Distribusi Normal Multivariat	42
Lampiran 8. <i>Output</i> Pengujian Distribusi Normal Multivariat Fase I	44
Lampiran 9. <i>Output</i> Pengujian Distribusi Normal Multivariat Fase II	45
Lampiran 10. <i>Syntax</i> Analisis Peta Kendali M	46
Lampiran 11. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali M Fase I	47
Lampiran 12. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali M Fase II	48
Lampiran 13. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I	50
Lampiran 14. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II	51
Lampiran 15. <i>Syntax</i> Analisis Kapabilitas Proses Fase I	52
Lampiran 16. <i>Syntax</i> Analisis Kapabilitas Proses Fase II	54
Lampiran 17. Surat Penerimaan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya	57
Lampiran 18. Surat Pernyataan Keaslian Data	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air memiliki peran penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Berdasarkan Pemenkes Nomor 416 tahun 1990, air yang bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Selain itu air juga dapat digunakan untuk keperluan industri, kebersihan sanitasi kota maupun keperluan pertanian. Air yang bersih dan sesuai dengan standar kelayakan sudah menjadi barang langka khususnya di perkotaan. Setiap tahunnya penduduk di Surabaya bertambah sebagaimana yang tercatat di Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya bahwa jumlah penduduk pendatang setiap tahunnya bertambah. Bertambahnya jumlah penduduk meningkatkan jumlah kebutuhan air bersih yang layak konsumsi.

Berdasarkan hasil monitoring dan uji lab sampel air dari sungai di Surabaya, Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya menyatakan bahwa kualitas air sungai di Surabaya kurang baik yang disebabkan pendangkalan sungai dan kegiatan industri yang membuang limbah cair ke aliran sungai yang menyebabkan permasalahan air limbah di Kota Surabaya sangat krusial. Seiring pula dengan bertambahnya kebutuhan penduduk akan produk industri, maka secara tidak langsung akan menambah kuantitas limbah industri di Kota Surabaya.

Untuk menangani jumlah kebutuhan air Kota Surabaya memiliki perusahaan yang beroperasi di bidang penyediaan air bersih yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya. Bahan baku pembuatan air bersih memanfaatkan air sungai yang terdapat di Surabaya. Aliran air di Kota Surabaya dimulai dari Dam Mlirip yang terletak di Kabupaten Mojokerto dan berhenti di Dam Jagir Wonokromo (Surabaya). PDAM Surabaya memiliki dua tempat pengolahan air yang berlokasi di Karang Pilang dan Ngagel.

Surabaya memiliki instalasi pengolahan air minum yang berfungsi untuk mengolah air baku menjadi air produksi. Terdapat 3 tahapan dalam pengolahan air baku, yaitu pengolahan fisik, pengolahan kimiawi dan pengolahan bakteriologis. Tahapan pengolahan air yang dilakukan meliputi aerasi, prasedimentasi, koagulasi – flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi dan reservoir (PDAM, 2012). Dalam menentukan kualitas air produksi, PDAM Surabaya melakukan pengujian secara fisik, biologi dan kimiawi. Laboratorium PDAM Surabaya melakukan pengujian parameter kualitas produksi air berdasarkan Pemenkes Nomor 492 Tahun 2010 dan Pemenkes Nomor 736 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Huda, 2012) dengan judul Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012. Variabel penelitian yang digunakan adalah kekeruhan, Alkanitas, dan Karbondioksida, diperoleh hasil bahwa dari ketiga variabel tersebut masih terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali yang berarti belum terkendali secara statistik. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap kualitas air produksi PDAM Surabaya untuk mengetahui apakah proses produksi air telah terkendali secara statistik atau belum menggunakan peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk memonitoring *mean* proses. Dilanjutkan dengan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui nilai presisi atau kedekatan antara nilai suatu pengamatan dengan nilai pengamatan yang lain dan nilai akurasi atau kedekatan antara nilai pengamatan dengan nilai target.

1.2 Perumusan Masalah (Permasalahan)

Hasil uji lab yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Surabaya menginformasikan bahwa kandungan zat pencemar di sungai Surabaya yang digunakan sebagai bahan baku produksi air di PDAM Surabaya meningkat. PDAM Surabaya selama ini menentukan kualitas produksi air berdasarkan pengujian secara fisik, biologi dan kimiawi, sedangkan analisis secara statistik

belum dilakukan. Analisis secara statistik dilakukan untuk mengetahui apakah proses produksi air di PDAM Surabaya telah terkendali secara statistik atau belum sehingga dapat diketahui produksi air layak digunakan oleh masyarakat Surabaya.

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kapabilitas proses produksi air PDAM Surabaya.
2. Mengetahui penyebab jika proses produksi tidak terkendali secara statistik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya periode November-Desember 2016 yang berasal dari laboratorium Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel I PDAM Surabaya.
2. Karakteristik kualitas air yang digunakan *turbidity* (kekeruhan), pH, KMNO_4 , dan sisa *chlor*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi untuk PDAM Surabaya dalam peningkatan kualitas produksi air minum sehingga dapat menghasilkan air minum yang telah memenuhi syarat.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan metode analisis data yang terdiri dari banyak variabel dimana antara tiap variabel saling dependen (Johnson & Whincern, 2007). Asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis multivariat adalah variabel pada data harus dependen dan berdistribusi normal multivariat.

2.1.1 Dependensi Antar Variabel

Uji dependensi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara tiap variabel dengan variabel yang lain. Variabel dikatakan bersifat saling bebas (independen) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Untuk menguji dependensi antar variabel ini dapat dilakukan pengujian menggunakan Persamaan (2.1) (Rencher & Christensen, 2012).

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling dependen)

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $u' > \chi^2_{(\alpha; \frac{1}{2}p(p-1))}$

Statistik uji :

$$u' = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

Dimana

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$r_{jp} = \frac{S_{jp}}{\sqrt{S_j^2 S_p^2}} \quad (2.3)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (2.4)$$

$$S_{jp} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ip} - \bar{x}_p) \quad (2.5)$$

Dimana

n : jumlah observasi

p : jumlah variabel

\mathbf{R} : matrik korelasi dari masing-masing variabel

$|\mathbf{R}|$: Determinan matrik korelasi

Jika H_0 gagal ditolak maka karakteristik kualitas saling independen sehingga asumsi dependensi antar variabel tidak terpenuhi. Meskipun perhitungan secara statistik diperoleh hasil antar karakteristik kualitas saling independen namun proses secara kimiawi saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis multivariat.

2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Pengujian distribusi normal multivariat merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui apakah data telah berdistribusi normal atau tidak, dimana variabel yang digunakan berjumlah lebih dari satu.

Pengujian distribusi normal multivariat dilanjutkan dengan pembuatan *chi-square plot* dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai \mathbf{d}_{ij}^2 menggunakan Persamaan (2.6) dimana \mathbf{S}^{-1} merupakan invers dari matriks varian kovarian yang diperoleh pada persamaan (2.7).

$$\mathbf{d}_{ij}^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.6)$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{.1}^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{12} & s_{.2}^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{1p} & s_{2p} & \cdots & s_{.p}^2 \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Nilai varian dan kovarian dari matriks \mathbf{S} ditunjukkan pada Persamaan (2.4) dan (2.5), sehingga diperoleh matriks varian kovarian (\mathbf{S}) pada Persamaan (2.7).

2. Mengurutkan nilai (\mathbf{d}_{ij}^2) dari yang terkecil hingga yang terbesar

3. Menentukan nilai q menggunakan Persamaan (2.8)

$$q = \chi_{(p(n-i+0.5)/n)}^2 \quad (2.8)$$

4. Membuat *scatter plot* antara \mathbf{d}_{ij}^2 dengan q

Dimana

x_{ij} : Vektor objek pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j

$\bar{x}_{.j}$: Vektor rata-rata karakteristik kualitas ke- j

i : 1,2,...,n adalah jumlah sampel tiap subgrup

j : 1,2,...,p adalah jumlah karakteristik kualitas

Nilai q akan membentuk sebuah garis normal yang diikuti sebaran nilai \mathbf{d}_{ij}^2 . Jika terdapat nilai $\mathbf{d}_{ij}^2 \leq \chi_{(p;\alpha)}^2$ berada di sekitar nilai 50% maka asumsi distribusi normal multivariat terpenuhi (Johnson dan Whincern, 2007).

2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistika merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil produksi. Kualitas produk dievaluasi berdasarkan karakteristik kualitas suatu produk. Terdapat dua jenis karakteristik kualitas yaitu karakteristik kualitas variabel dan atribut. Karakteristik kualitas

variabel adalah karakteristik kualitas produk yang dinyatakan dalam besaran yang dapat diukur misalnya panjang, lebar, temperatur dan lain-lain. Karakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas yang dinyatakan dalam kategori tertentu misalnya, cacat atau tidak cacat, baik atau buruk dan lain-lain.

Peta kendali merupakan peta yang menggambarkan penyebaran kualitas hasil proses produksi dan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil produksi secara visual dimana terdapat batas kendali atas (BKA), garis tengah (GT) dan batas kendali bawah (BKB). Jika terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali maka proses produksi dikatakan tidak terkendali secara statistik. Apabila karakteristik kualitas atribut, peta kendali yang digunakan peta kendali atribut, jika karakteristik kualitas variabel, peta kendali yang digunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain peta \bar{p} , peta \bar{np} , peta \bar{c} , dan peta \bar{u} . Peta kendali variabel dibedakan lagi berdasarkan jenis pengamatan, yaitu pengamatan subgrup dan pengamatan individu. Jika karakteristik kualitas lebih dari satu dan saling berhubungan maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali kendali T^2 Hotelling untuk pengamatan individu (Montgomery, 2013).

Peta kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali T^2 Hotelling dengan pengamatan individu untuk memonitoring *mean* proses dan menggunakan peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses (Khoo & Quah, 2003).

a. Peta Kendali M

Peta kendali M digunakan untuk mengontrol variabilitas proses pada peta kendali multivariat dengan pengamatan individu. Peta kendali M memiliki variabel random dimana variabel random adalah variabel yang ditargetkan. Variabel random X adalah $x_{(i+1),j}$. Peta kendali M memiliki nilai batas kendali atas dan nilai batas kendali bawah berupa nilai dari distribusi *chi-square*. Plot data pada peta kendali M, batas kendali

atas, dan batas kendali bawah dapat diperoleh menggunakan Persamaan (2.9).

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2} (\mathbf{x}_{(i+1)j} - \mathbf{x}_{ij})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{(i+1)j} - \mathbf{x}_{ij}) \quad (2.9)$$

Dimana

$$\text{BKA} = \chi^2_{(p, \alpha/2)} \quad (2.10)$$

$$\text{BKB} = \chi^2_{(p, 1-(\alpha/2))} \quad (2.11)$$

Keterangan

BKA: Batas kendali atas

BKB: Batas kendali bawah

\mathbf{S}^{-1} : Matriks varian kovarian pada Persamaan (2.7)

i : 1,2,3, ..., n

j : 1,2,3, ..., p

Jika plot pada peta kendali M berada di atas batas atas atau berada di bawah batas bawah maka variabilitas proses tidak terkendali secara statistik (Khoo & Quah, 2003). Setelah variabilitas proses telah terkendali secara statistik maka dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali T^2 *Hotelling*.

b. Peta Kendali T^2 *Hotelling* Individu

Peta Kendali T^2 *Hotelling* individu digunakan untuk mengendalikan *mean* proses produksi apakah sudah terkendali secara statistik atau belum untuk pengamatan individu dimana terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas dan berkorelasi.. Struktur data ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data T^2 Hotelling

Sampel ke- (i)	Karakteristik Kualitas ke- (j)				
	X_1	....	X_j	....	X_p
1	X_{11}	....	X_{1j}	....	X_{1p}
2	X_{21}	....	X_{2j}	....	X_{2p}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
i	X_{i1}	....	X_{ij}	....	X_{ip}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
n	X_{n1}	....	X_{nj}	....	X_{np}
Rata-rata	$\bar{X}_{.1}$	....	$\bar{X}_{.j}$	....	$\bar{X}_{.p}$
Varians	$S^2_{.1}$	....	$S^2_{.j}$	....	$S^2_{.p}$

Plot data pada peta kendali T^2 Hotelling individu, batas kendali atas, dan batas kendali bawah dapat diperoleh menggunakan Persamaan (2.12), (2.16), dan (2.17).

$$\mathbf{T}_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j})' \mathbf{Q}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j}) \quad (2.12)$$

$$\mathbf{Q}^{-1} = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(n-1)} \quad (2.13)$$

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \mathbf{v}'_{11} & \mathbf{v}'_{12} & \cdots & \mathbf{v}'_{1p} \\ \mathbf{v}'_{21} & \mathbf{v}'_{22} & \cdots & \mathbf{v}'_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{v}'_{(n-1),1} & \mathbf{v}'_{(n-1),2} & \cdots & \mathbf{v}'_{(n-1)p} \end{pmatrix} \quad (2.14)$$

$$\mathbf{v}_{ij} = \mathbf{x}_{(i+1),j} - \mathbf{x}_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, p \quad (2.15)$$

Setelah diperoleh nilai pada persamaan 2.12 maka dicari batas kendali atas dan batas kendali bawah menggunakan Persamaan (2.16) dan (2.17). Terdapat dua batas kendali yaitu batas kendali fase I dan batas kendali fase II. Batas kendali fase I

digunakan untuk mengetahui apakah *mean* proses pada fase I telah terkendali secara statistik atau tidak, jika telah terkendali secara statistik maka batas kendali yang digunakan pada fase II menggunakan batas kendali pada fase I yang dapat dilihat pada Persamaan (2.16),

$$BKA = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(n-p-1)}{2}} \quad (2.16)$$

$$BKB = 0$$

Batas kendali fase II digunakan ketika *mean* proses pada fase I tidak terkendali secara statistik maka perlu dibuat batas kendali baru pada fase II untuk mengetahui apakah *mean* proses pada fase II telah terkendali secara statistik atau tidak. Batas kendali fase II dapat dilihat pada Persamaan (2.17).

$$BKA = \frac{p(n+1)(n-1)}{n^2 - np} F_{\alpha, p, (n-p)} \quad (2.17)$$

$$BKB = 0$$

Jika nilai pada Persamaan (2.12) berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah, maka *mean* proses telah terkendali secara statistik.

2.3 Analisis Kapabilitas Proses

Analisis Kapabilitas proses adalah suatu analisis yang digunakan untuk menaksir kemampuan proses. Analisis kapabilitas proses dapat digunakan setelah proses produksi telah terkendali secara statistik. Berikut merupakan kriteria nilai kapabilitas (Bothe, 1997).

1. $C_p = 1$, Kemampuan proses sesuai
2. $C_p > 1$, Kemampuan proses sangat baik (tingkat presisi dan akurasi tinggi)
3. $C_p < 1$, Kemampuan proses tidak baik

Presisi merupakan kedekatan nilai antar pengamatan dan akurasi merupakan kedekatan antara nilai pengamatan dengan nilai target. Jika peta kendali dalam keadaan terkendali maka nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat ditunjukkan pada Persamaan (2.18).

$$C_p = \frac{K}{\chi^2_{(\alpha,p)}} \left[\frac{(b-1)p}{W} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.18)$$

Dimana

$$W = \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j})' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j}) \quad (2.19)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{x}_{ij}' \mathbf{x}_{ij})^{-1} \quad (2.20)$$

$$K^2 = (\bar{\mathbf{x}}_{.j} - \xi_{.j})' \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_{.jk} - \xi_{.j}) \quad (2.21)$$

$$\xi_{.j} = \frac{1}{2} (\text{BSA} + \text{BSB}) \quad (2.22)$$

Keterangan

BSA : Batas spesifikasi atas

BSB : Batas spesifikasi bawah

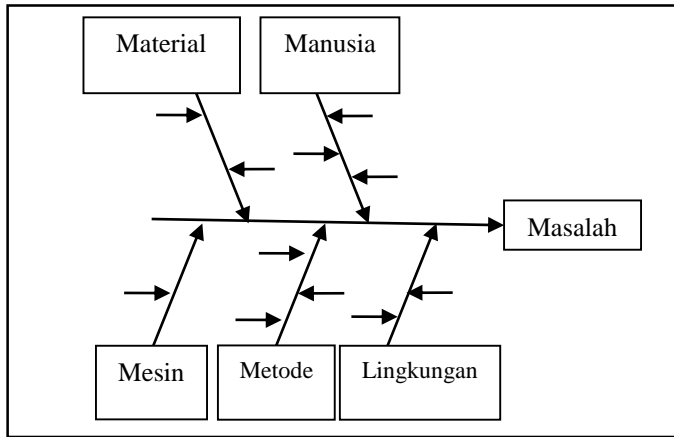
\mathbf{S}^{-1} : Invers matrik varians kovarians

p : Banyaknya karakteristik kualitas

b : Banyaknya pengamatan yang terkendali
(Kotz & Johnson, 1993).

2.4 Diagram Sebab Akibat

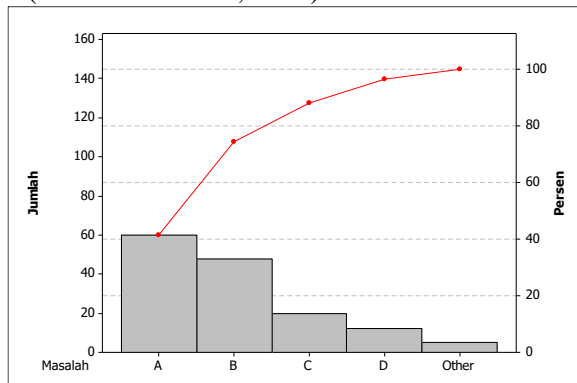
Diagram sebab akibat merupakan diagram yang menggambarkan akibat dari suatu penyebab. Akibat yang dimaksud adalah produk cacat yang disebabkan karena beberapa penyebab yang pada umumnya dikenal dengan 4M+E atau 4M+L, yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan (Render & Heizer, 2017).



Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat

2.5 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah, atau cacat untuk membantu menyelesaikan masalah. Menggunakan diagram pareto dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah, 80% permasalahan disebabkan dari 20% penyebab (Render & Heizer, 2017).



Gambar 2.2 Diagram Pareto

2.6 Air

Air adalah unsur yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Bahkan dapat dipastikan tanpa pengembangan sumber daya air secara konsisten peradaban manusia tidak akan mencapai tingkat yang dinikmati sampai saat ini. Oleh karena itu pengembangan dan pengolahan sumber daya air merupakan dasar peradaban manusia (Sunaryo, 2005).

Persyaratan kualitas air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 sebagai berikut.

1. Syarat fisik, meliputi warna, bau, rasa, kekeruhan, temperatur, dan daya hantar listrik.
2. Syarat kimia, meliputi pH, kesadahan, besi, mangan, seng, klorida, aluminium, seng, sulfat, tembaga, dan ammonia
3. Syarat biologi, meliputi bebas dari bakteri *E. Coli* dan bakteri *Koliform*.

2.7 Proses Pengolahan Air Minum

Dalam proses pengolahan air minum terdapat tiga jenis pengolahan yaitu pengolahan fisik, pengolahan biologi dan pengolahan kimiawi. Pengolahan fisik dilakukan dengan cara sedimentasi kemudian filterisasi, pengolahan biologi dilakukan dengan cara memusnahkan bakteri dengan desinfektan, dan pengolahan kimiawi dilakukan dengan cara aerasi dan koagulasi (PDAM, 2012).

Dalam proses pengolahan air terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan sebagai berikut

1. Aerasi

Aerasi adalah proses dimana gas dilepaskan dari air atau diserap atau dilarutkan. untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut.

2. Prasedimentasi

Prasedimentasi adalah proses pengendapan untuk memisahkan benda-benda yang tersuspensi yang terdiri dari pasir

kasar, pasir halus, lumpur yang sangat halus dari air baku.

3. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi adalah proses dimana partikel koloid distabilkan dan dinetralkan muatan listriknya menggunakan koagulan. Koagulan yang umum digunakan adalah Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Flokulasi adalah proses pembentukan partikel flok hasil penggabungan partikel-partikel kecil dengan cara pengadukan. Dalam proses flokulasi ditambahkan (*flocculating agents*) yang dapat mempercepat laju reaksi atau dapat meningkatkan mutu partikel flok yang terbentuk sehingga lebih padat dan tidak mudah pecah.

4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses dimana partikel flok yang volume dan beratnya semakin besar diendapkan di bak sedimentasi. Pada proses ini juga dilakukan pembunuhan polimer.

5. Filtrasi

Filtrasi adalah proses penyaringan partikel tersuspensi dan koloid yang tidak terpisahkan pada proses sebelumnya. Proses penyaringan dengan media granular umumnya adalah pasir untuk *single* media dan antrasit untuk *dual* media. Pemisahan partikel ini merupakan kombinasi dari proses fisik dan kimiawi.

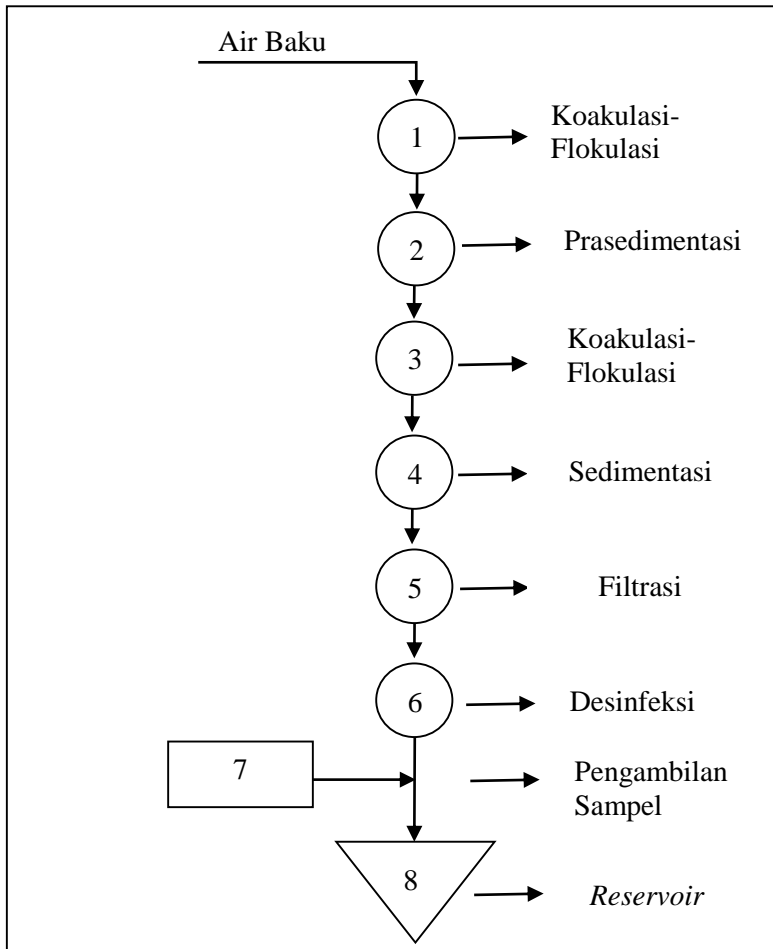
6. Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses untuk memenuhi persyaratan bakteriologi air minum, yaitu bebas dari bakteri *E.Coli*. Desinfektan yang umum digunakan adalah gas *chlor* dengan waktu kontak minimum 20 sampai 30 menit.

7. *Reservoir*

Reservoir adalah tandon air yang berisikan air yang berasal dari proses desinfeksi.

Berikut merupakan proses produksi air PDAM Surya Sembada Surabaya yang dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder hasil uji laboratorium parameter kualitas produksi air di Instalasi Penjernihan Air Minum (IPAM) Ngagel I PDAM Surabaya yang diperoleh dari Kantor PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Jl. Mayjen Prof. Dr. Moestopo No. 2 Surabaya bagian Pengendalian Proses. Surat izin pengambilan data dan surat pernyataan keaslian data dapat dilihat pada Lampiran 17 dan Lampiran 18, sedangkan data yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari sebanyak satu kali pada pagi hari. Periode data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bulan November 2016 sebagai fase I dan bulan Desember 2016 sebagai fase II. Berikut merupakan struktur data penelitian.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

Sampel Hari ke- (i)	Karakteristik Kualitas ke- (j)			
	Kekeruhan	pH	KMNO ₄	Sisa <i>Chlor</i>
1	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
2	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄
:	:	:	:	:
i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}
:	:	:	:	:
n	X _{n1}	X _{n2}	X _{n3}	X _{n4}
Rata-rata	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	$\bar{X}_{.3}$	$\bar{X}_{.4}$
Varians	$S^2_{.1}$	$S^2_{.2}$	$S^2_{.3}$	$S^2_{.4}$

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini beserta penjelasan mengapa perlu dikendalikan adalah sebagai berikut.

1. X_1 : *Turbidity*, yaitu kekeruhan

Merupakan bahan-bahan tersuspensi dalam air seperti endapan pasir, lumpur, dan tanah liat. Satuan *turbidity* adalah Ntu dengan batas spesifikasi maksimal 5 Ntu. Air dengan tingkat kekeruhan tinggi cenderung lebih banyak mengandung bakteri, virus dan kuman (Said, 2008).

2. X_2 : pH, yaitu

Ukuran konsentrasasi ion untuk menentukan derajat keasaman larutan. Batas spesifikasi untuk pH adalah 6,5 sampai 8,5. pH digunakan untuk mengetahui derajat keasaman air dengan skala 0-14. pH netral bernilai 7, jika pH bernilai lebih dari 7 maka bersifat basa dan jika pH bernilai kurang dari 7 maka bersifat asam. Air dengan pH asam jika diminum dapat menyebabkan kanker dan jika terkena kulit dapat menyebabkan iritasi dan menimbulkan rasa seperti terbakar sedangkan air dengan pH basa jika diminum dapat menetralkan asam lambung yang menyebabkan kuman dan bakteri yang masuk tubuh tidak terbunuh dan jika terkena kulit dapat menetralkan kandungan asam pada permukaan kulit yang menyebabkan mikroba berinteraksi dengan kulit sehingga terjadi infeksi (Said, 2008).

3. X_3 : $KMNO_4$, yaitu

Zat organik yang merupakan oksidator yang berfungsi untuk menghilangkan unsur mangan dan menghilangkan bau pada air. Satuan $KMNO_4$ adalah Mg/L dengan batas spesifikasi maksimal 10 Mg/L. $KMNO_4$ yang berlebihan dapat menyebabkan bau yang tidak enak dan membuat sakit perut jika diminum (Sutrisno, 2010).

4. X_4 : Sisa *Chlor*, yaitu

Kandungan *chlor* yang terdapat pada air. *Chlor* adalah unsur kimia dari golongan halogen yang digunakan untuk menjernihkan air, menghilangkan unsur mangan dan membunuh bakteri *E.Choli*

dan bakteri Patogen. Satuan Sisa *chlor* adalah Mg/L dengan batas spesifikasi 0,2 Mg/L sampai 1 Mg/L. *Chlor* digunakan untuk menjernihkan air, membunuh bakteri dan menghilangkan unsur mangan dalam air. Jika kurang dari batas spesifikasi maka fungsi dari *chlor* tidak berjalan, jika melebihi batas spesifikasi maka akan menimbulkan bau dan rasa pada air tidak enak (Chandra, 2006)

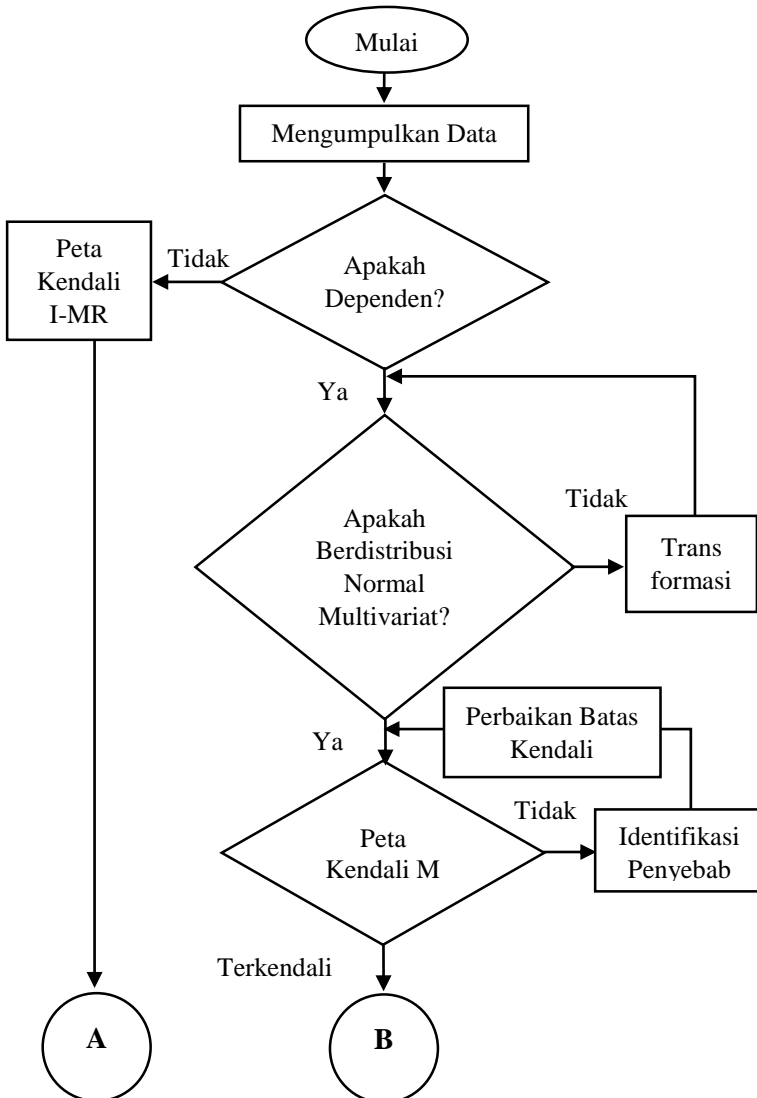
Keempat variabel saling berhubungan karena nilai konsentrasi *chlor* meningkat sejalan dengan kenaikan pH dikarenakan pH mengatur jumlah senyawa *chlor* yaitu jumlah asam hipoklorit (HOCl) dan jumlah asam klorit (OCl). Kekeruhan akan menaikkan kebutuhan *chlor* dikarenakan *chlor* berfungsi untuk menjernihkan air sehingga semakin keruh air maka jumlah *chlor* yang dibutuhkan untuk menjernihkan semakin banyak dan KMnO_4 meningkat sejalan dengan sisa *chlor* dikarenakan sisa *chlor* yang banyak menyebabkan bau yang tidak enak (Said, 2008).

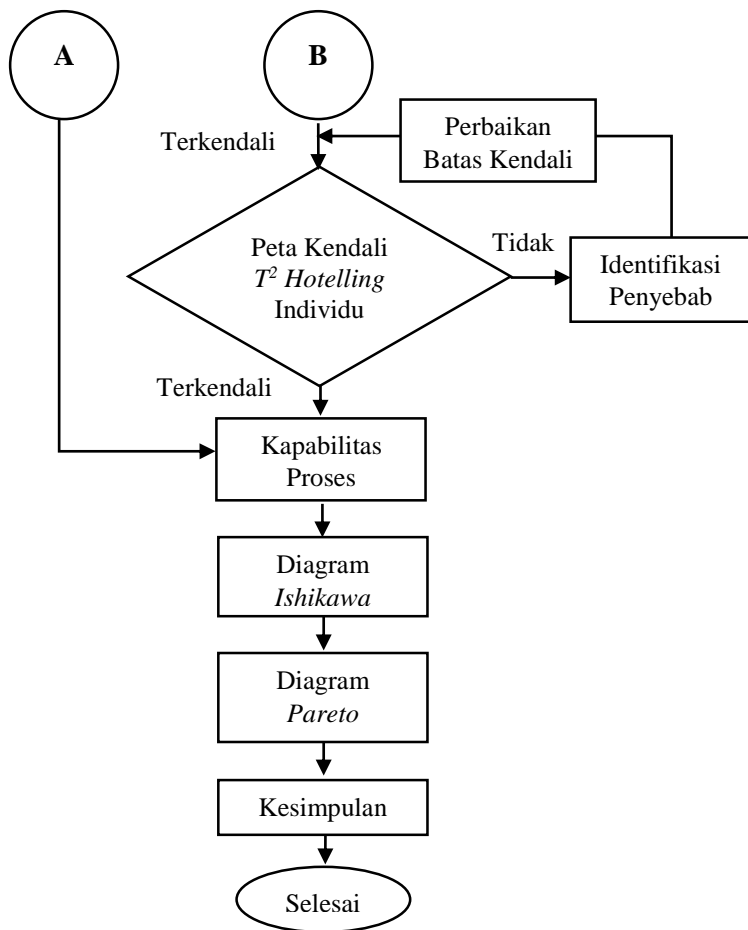
3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah dalam analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data hasil proses produksi air pada instalasi pengolahan air minum PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
2. Melakukan uji dependensi antar karakteristik kualitas.
3. Melakukan pengujian dan pemeriksaan asumsi multivariat normal.
5. Membuat peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses. Peta Kendali M yang telah terkendali, dapat dilanjutkan pada tahap membuat peta kendali T^2 Hotelling individu.
6. Membuat diagram *Ishikawa*
7. Membuat diagram Pareto
8. Menghitung kapabilitas proses
9. Menginterpretasi hasil analisis data.
10. Menarik kesimpulan.

Langkah analisis untuk fase I dan fase II yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai analisis proses produksi air di PDAM Surya Sembada Kota. Analisis yang dilakukan terbagi menjadi dua fase, dimana data produksi air pada bulan November 2016 sebagai fase I dan data produksi air pada bulan Desember 2016 sebagai fase II. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran *mean* proses atau tidak.

4.1 Analisis Pada Fase I

Variabel yang digunakan dalam penelitian sebanyak empat karakteristik kualitas. Sebelum dilakukan analisis pengendalian kualitas statistik maka perlu dilakukan pengujian secara multivariat untuk mengetahui apakah tiap karakteristik kualitas saling dependen atau tidak dan pengujian distribusi normal multivariat.

4.1.1 Karakteristik Kualitas Produksi Air PDAM Surabaya

Analisis mengenai data produksi air di PDAM Surabaya secara deskriptif pada fase I disajikan pada tabel 4.1 dan Lampiran 2 dimana karakteristik kualitas yang digunakan adalah *turbidity*, pH, KMNO_4 , dan sisa *chlor*.

Tabel 4.1 Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Pada Fase I

Karakteristik Kualitas	Rata-Rata	Varians	Minimum	Maksimum	BSA	BSB
<i>Turbidity</i>	1,0563	0,1089	0,56	1,92	5	0
pH	7,2447	0,0204	7,03	7,72	8,5	6,5
KMNO_4	6,341	2,05	3,81	8,84	10	0
Sisa <i>Chlor</i>	0,8307	0,0818	0,49	1,58	1	0,2

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui karakteristik data produksi air di PDAM Surabaya pada fase I. Dari empat karakteristik kualitas, rata-rata nilai untuk karakteristik kualitas

turbidity sebesar 1,0563; pH sebesar 7,24; KMNO_4 sebesar 6,341; dan sisa *chlor* sebesar 0,8307 dimana varians terbesar terdapat pada karakteristik kualitas KMNO_4 yang berarti nilai pengamatan untuk karakteristik kualitas KMNO_4 pada fase I memiliki keragaman yang tinggi dibandingkan keragaman nilai karakteristik kualitas yang lain. Diketahui juga nilai batas spesifikasi atas (BSA) dan batas spesifikasi bawah (BSB) yang telah ditentukan oleh pemerintah, maka sisa *chlor* merupakan karakteristik kualitas yang memiliki nilai pengamatan diluar batas spesifikasi dimana terdapat nilai pengamatan sebesar 1,58 yang melebihi nilai dari batas spesifikasi atas yang diperbolehkan.

4.1.2 Dependensi Antar Variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4

Dependensi antar variabel digunakan untuk mengetahui apakah antara variabel penelitian saling berhubungan atau tidak.

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling dependen)

Dengan menggunakan Persamaan (2.1) serta berdasarkan Lampiran 5 maka diperoleh nilai u' pada fase I sebesar 5,383 yang bernilai lebih kecil dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,05;6)}$ yaitu 12,59 sehingga diputuskan H_0 gagal ditolak yang berarti karakteristik kualitas antara *turbidity*, pH, KMNO_4 , dan sisa *chlor* pada fase I saling independen. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antar karakteristik kualitas independen namun proses secara kimiawi menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

4.1.3 Distribusi Normal Multivariat Air PDAM Surabaya

Pengujian distribusi normal multivariat merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui apakah data karakteristik kualitas telah berdistribusi normal multivariat atau tidak. Dengan

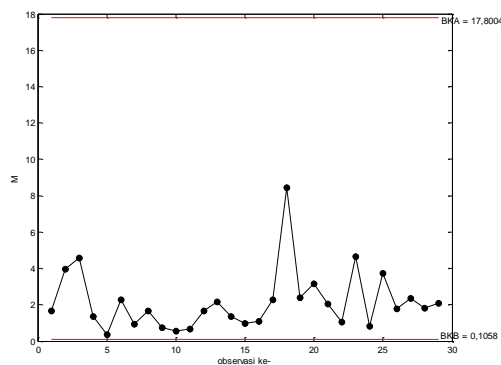
menggunakan Persamaan (2.6), (2.7), (2.8) serta Lampiran 7 dan 8 maka diperoleh proporsi nilai $\mathbf{d}_{ij}^2 \leq \chi_{(4;0,5)}^2$ pada fase I sebesar 53,3%. Proporsi nilai $\mathbf{d}_{ij}^2 \leq \chi_{(4;0,5)}^2$ berada di sekitar 50%, maka dapat diputuskan bahwa karakteristik kualitas pada fase I telah berdistribusi normal multivariat.

4.1.4 Pengendalian Kualitas Statistik Air PDAM

Pengendalian kualitas statistik digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistik atau belum. Salah satu media secara visual untuk mengetahui proses telah terkendali atau belum menggunakan peta kendali. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali M untuk mengontrol variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk mengontrol *mean* proses.

a. Peta Kendali M Air PDAM Surabaya

Peta kendali M digunakan untuk mengontrol variabilitas proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu dengan menggunakan Persamaan (2.9), (2.10), (2.11) serta Lampiran 10 dan 11, maka diperoleh peta kendali M yang disajikan pada gambar 4.1.

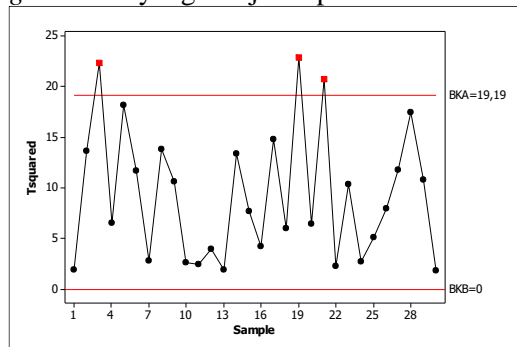


Gambar 4.1 Peta Kendali M Fase I

Berdasarkan gambar 4.1 diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 17,8004 dan batas kendali bawah sebesar 0,1058; sehingga dapat diputuskan bahwa variabilitas proses telah terkendali secara statistik, maka dapat dilanjutkan pada pembuatan peta kendali T^2 Hotelling Individu.

b. Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Air PDAM

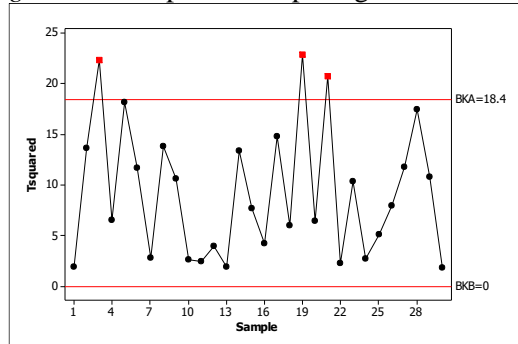
Peta kendali T^2 Hotelling individu digunakan untuk memonitoring *mean* proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu, dengan menggunakan Persamaan (2.12), (2.16), (2.17) dan Lampiran 13 maka diperoleh peta kendali T^2 Hotelling Individu yang disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Fase I

Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 19,19 dan batas kendali bawah sebesar 0, dimana pada titik pengamatan ke 3, 19, dan 21 keluar dari batas kendali. Titik pengamatan yang keluar dari batas kendali disebabkan karena hujan deras yang berdurasi lama sehingga beban partikel tanah, lumpur, kotoran yang mengendap di dasar sungai dan kandungan zat pencemar yang terkandung dalam air yang masuk ke instalasi menjadi lebih banyak. Setelah diketahui penyebab dari titik pengamatan yang keluar dari batas kendali maka perlu dilakukan perbaikan peta kendali T^2 Hotelling dengan batas kendali baru menggunakan Persamaan (2.16) dengan jumlah plot data yang

sama. Perbaikan batas kendali hanya merubah jumlah pegamatan, dimana jumlah pengamatan yang digunakan sebanyak 27 pengamatan karena tiga titik pengamatan yang keluar dari batas kendali telah diketahui penyebabnya. Perbaikan batas kendali peta T^2 Hotelling Individu dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perbaikan Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Fase I

Gambar 4.3 merupakan perbaikan batas kendali pada peta kendali T^2 Hotelling fase I. Diperoleh nilai batas kendali atas baru sebesar 18,4 dimana jumlah plot data yang digunakan sama seperti gambar 4.2, maka dapat diputuskan bahwa *mean* proses pada fase I telah terkendali secara statistik karena setelah dilakukan perbaikan batas kendali atas tidak ada titik pengamatan yang keluar dari batas kendali. Karena pada fase I telah terkendali secara statistik, maka nilai batas kendali atas pada fase I digunakan pada fase II untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran *mean* proses atau tidak.

4.2 Analisis Pada Fase II

Analisis pada fase II dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran *mean* proses atau tidak. Langkah-langkah yang dilakukan terdiri dari dependensi antar variabel, pengujian distribusi normalmultivariate, analisis peta kendlai M dan analisis peta kendali T^2 Hotelling Individu.

4.2.1 Karakteristik Kualitas Produksi Air PDAM Surabaya

Analisis mengenai data produksi air di PDAM Surabaya secara deskriptif pada fase II disajikan pada tabel 4.2 dan Lampiran 4 dimana karakteristik kualitas yang digunakan adalah *turbidity*, pH, KMNO_4 , dan sisa *chlor*.

Tabel 4.2 Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Pada Fase II

Karakteristik Kualitas	Rata-Rata	Varians	Mini mum	Maksi mum	BSA	BSB
<i>Turbidity</i>	1,2365	0,1701	0,53	2,54	5	0
pH	7,2365	0,0168	7,01	7,59	8,5	6,5
KMNO_4	6,605	1,984	4,03	9,16	10	0
Sisa <i>Chlor</i>	0,9039	0,0925	0,51	1,64	1	0,2

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui karakteristik data produksi air di PDAM Surabaya pada fase II. Dari empat karakteristik kualitas, nilai rata-rata karakteristik kualitas pada fase II lebih besar dari pada nilai rata-rata karakteristik kualitas fase I dimana nilai untuk karakteristik kualitas *turbidity* sebesar 1,2365; pH sebesar 7,2365; KMNO_4 sebesar 6,605; dan sisa *chlor* sebesar 0,9039 dimana varians terbesar terdapat pada karakteristik kualitas KMNO_4 yang berarti nilai pengamatan untuk karakteristik kualitas KMNO_4 pada fase II memiliki keragaman yang tinggi dibandingkan keragaman nilai karakteristik kualitas yang lain. Diketahui juga nilai batas spesifikasi atas (BSA) dan batas spesifikasi bawah (BSB) yang telah ditentukan oleh pemerintah, maka sisa *chlor* merupakan karakteristik kualitas yang memiliki nilai pengamatan diluar batas spesifikasi dimana terdapat nilai pengamatan sebesar 1,64 yang melebihi nilai dari batas spesifikasi atas yang diperbolehkan.

4.2.2 Dependensi Antar Variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4

Dependensi antar variabel digunakan untuk mengetahui apakah antara variabel penelitian saling berhubungan atau tidak.

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling dependen)

Dengan menggunakan Persamaan (2.1) serta berdasarkan lampiran 6 maka diperoleh nilai u' pada fase II sebesar 8,287 yang bernilai lebih kecil dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,05;6)}$ yaitu 12,59 sehingga diputuskan H_0 gagal ditolak yang berarti karakteristik kualitas antara *turbidity*, pH, KMNO₄, dan sisa *chlor* saling independen. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antar karakteristik kualitas independen namun proses secara kimiawi menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

4.2.3 Distribusi Normal Multivariat Air PDAM Surabaya

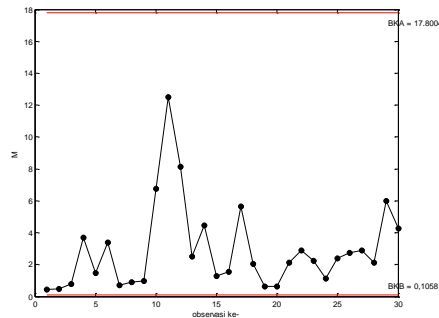
Pengujian distribusi normal multivariat merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui apakah data karakteristik kualitas telah berdistribusi normal multivariat atau tidak. Dengan menggunakan Persamaan (2.6), (2.7), (2.8) serta Lampiran 7 dan 9 maka diperoleh proporsi nilai $\mathbf{d}_{ij}^2 \leq \chi^2_{(4;0,5)}$ pada fase II sebesar 48,38%. Proporsi nilai nilai $\mathbf{d}_{ij}^2 \leq \chi^2_{(4;0,5)}$ berada di sekitar 50%, maka dapat diputuskan bahwa karakteristik kualitas pada fase II telah berdistribusi normal multivariat.

4.2.4 Pengendalian Kualitas Statistik Air PDAM

Pengendalian kualitas statistik pada fase II digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi pada fase II telah terkendali secara statistik atau tidak. Salah satu media secara visual untuk mengetahui proses telah terkendali atau belum menggunakan peta kendali. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali M untuk mengontrol variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk mengontrol *mean* proses.

a. Peta Kendali M Air PDAM Surabaya

Peta kendali M fase II digunakan untuk mengontrol variabilitas proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu pada fase II dengan menggunakan Persamaan (2.9), (2.10), (2.11) serta Lampiran 10 dan 12 maka diperoleh peta kendali M yang disajikan pada gambar 4.4.

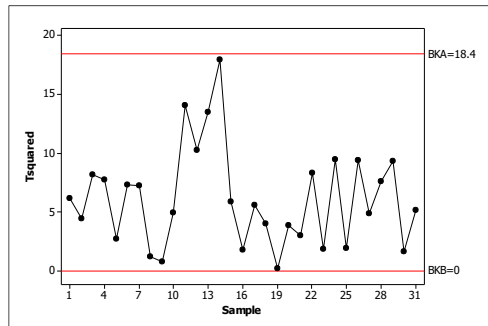


Gambar 4.4 Peta Kendali M Fase II

Berdasarkan gambar 4.4 diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 17,8004 dan batas kendali bawah sebesar 0,1058; sehingga dapat diputuskan bahwa variabilitas proses pada fase II telah terkendali secara statistik, maka dapat dilanjutkan pada pembuatan peta kendali T^2 Hotelling Individu.

b. Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Air PDAM Surabaya

Peta kendali T^2 Hotelling individu digunakan untuk memonitoring *mean* proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu pada fase II dengan menggunakan Persamaan (2.12), (2.16), (2.17) dan Lampiran 14 maka diperoleh peta kendali T^2 Hotelling Individu yang disajikan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Pada Fase II

Peta kendali T^2 Hotelling Individu pada fase II dapat dilihat pada gambar 4.5. Batas kendali yang digunakan adalah batas kendali pada fase I karena *mean* proses pada fase I telah terkendali secara statistik sehingga dapat diketahui apakah terjadi pergeseran *mean* proses atau tidak pada fase II dimana batas kendali atas bernilai sebesar 18,4 dan batas kendali bawah bernilai 0, maka dapat diputuskan bahwa *mean* proses pada fase II telah terkendali secara statistik karena tidak ada nilai titik pengamatan yang berada di luar batas kendali.

Analisis pada fase I dan fase II telah dilakukan, diperoleh nilai batas kendali atas pada fase I sebesar 18,4 dan nilai batas kendali bawah sebesar 0 pada fase I yang juga digunakan pada fase II karena pada fase I telah terkendali secara statistik, sehingga dapat diketahui bahwa pada fase I dan fase II tidak terjadi pergeseran *mean* proses.

4.3 Kapabilitas Proses

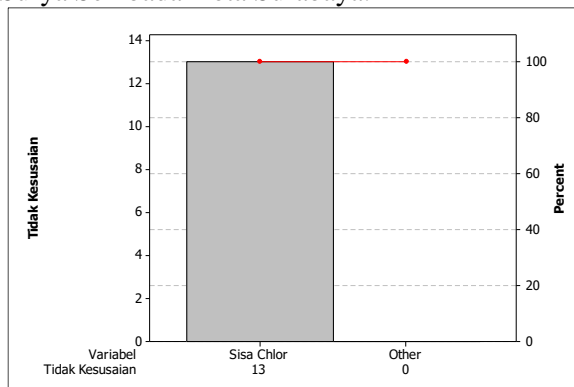
Pengendalian kualitas secara statistik pada fase I dan fase II telah dilakukan. Diperoleh hasil bahwa proses telah terkendali secara statistik, maka dapat dilanjutkan pada analisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah kemampuan proses baik atau tidak. Kemampuan proses dikatakan baik jika nilai C_p bernilai sama dengan 1, jika C_p bernilai kurang dari 1 maka kemampuan

proses dikatakan buruk dan C_p bernilai lebih dari 1 maka kemampuan proses dikatakan sangat baik.

Berdasarkan Persamaan (2.18) serta Lampiran 15 dan 16 maka diperoleh nilai C_p pada fase I sebesar 1,74 dan fase II sebesar 1,57 sehingga dapat disimpulkan bahwa kemampuan proses pada fase I dan fase II sangat baik

4.4 Diagram Pareto

Diagram *pareto* digunakan untuk mengetahui permasalahan mana yang dominan dari proses produksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.



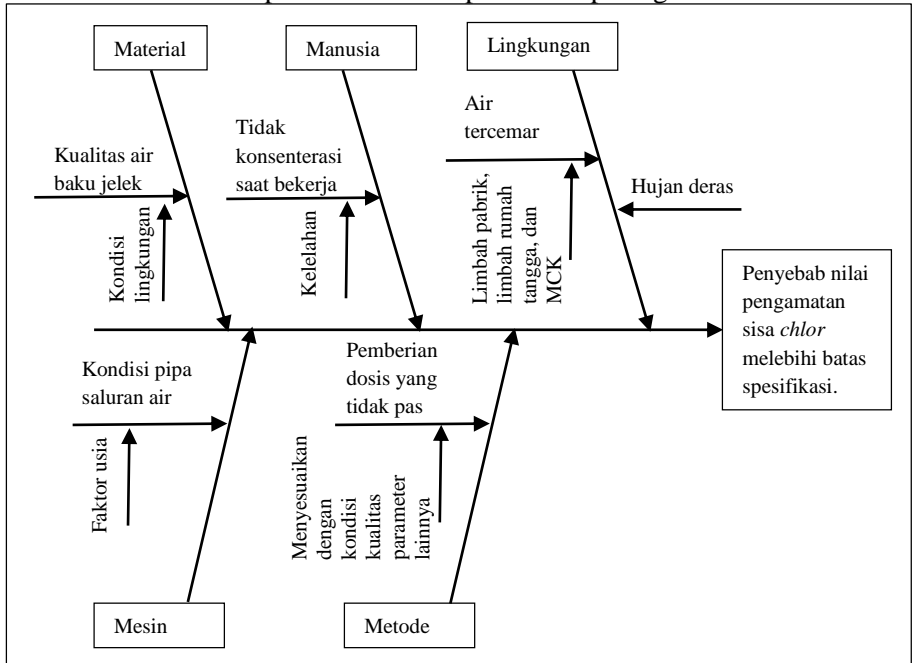
Gambar 4.6 Diagram *Pareto*

Gambar 4.6 memberikan informasi mengenai permasalahan yang dominan. Dapat diketahui bahwa permasalahan yang dominan dari proses produksi adalah sisa *chlor*. Dari 61 titik pengamatan terdapat 13 pengamatan yang berada di luar batas spesifikasi yang telah ditentukan.

4.5 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat digunakan untuk mengetahui penyebab dari sebuah permasalahan yang berasal dari faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Permasalahan yang dimaksud pada diagram sebab akibat ini adalah adanya nilai pengamatan

karakteristik kualitas sisa *chlor* yang melebihi dari batas spesifikasi atas yang telah ditentukan. Diagram sebab akibat mengenai penyebab dari nilai pengamatan karakteristik kualits sisa *chlor* keluar dari batas spesifikasi atas dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Sebab Akibat

Gambar 4.7 memberikan informasi mengenai penyebab adanya nilai pengamatan sisa *chlor* yang melebihi batas spesifikasi yang telah ditentukan. berdasarkan 4M+1L (manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan). Diduga penyebab dari faktor manusia adalah operator tidak konsentrasi saat bekerja karena kelelahan sedangkan dari faktor material adalah kualitas air baku yang buruk yang juga disebabkan karena faktor lingkungan yaitu kondisi air baku yang tercemar karena limbah pabrik, limbah rumah tangga dan MCK yang terdapat dipinggir kali dan juga curah hujan yang tinggi. Penyebab dari faktor mesin adalah kondisi pipa

saluran air yang sudah lama dan dari faktor metode adalah pemberian dosis yang kurang pas karena harus memperhatikan kondisi kualitas parameter yang lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan pada bab IV maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis dapat diperoleh bahwa proses produksi air PDAM Surabaya pada bulan November 2016 telah terkendali secara statistik dengan C_p sebesar 1,74; sedangkan proses produksi air pada bulan Desember 2016 juga terkendali secara statistik dengan C_p sebesar 1,57.
2. Penyebab dari adanya nilai pengamaan sisa *chlor* yang tidak keluar dari batas spesifikasi berdasarkan faktor $4M+L$ adalah sebagai berikut.
 - a. Manusia yaitu operator yang tidak berkonsentrasi saat bekerja karena kelelahan.
 - b. Material yaitu kualitas air baku yang buruk.
 - c. Mesin adalah kondisi pipa saluran air yang sudah lama.
 - d. Metode adalah pemberian dosis yang kurang pas.
 - e. Lingkungan yaitu air tercemar karena limbah pabrik, limbah rumah tangga, limbah MCK, dan juga hujan deras.

5.2 Saran

Saran untuk PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diharapkan lebih memperhatikan pemberian dosis kandungan *chlor* pada saat proses desinfeksi karena masih terdapat beberapa titik pengamatan dimana kandungan sisa *chlor* dalam air melebihi batas spesifikasi yang telah ditentukan.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, R. Davis (1997). *Measuring Process Capability*. McGraw-Hill Companies, United States of America.
- Chandra, B. (2006). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC
- Huda, M. A.M. (2012). Tugas Akhir. *Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012*.
- Heizer, J. & Render, B. (2005). *Operation Management*, 7th ed., Prentice Hall, New Jersey
- Johnson, R. A. & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Khoo, M. B., & Quah, S. H. 2003. *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observations* (Vol. 15). Penang, Malaysia: University Sains Malaysia.
- Kotz, S. & Johnson, N. L. (1993). *Process Capability Indices*. London, United Kingdom: Chapman&Hall
- Montgomery, D.C. (2013). *Introduction To Statistical Quality Control*. Edisi ke-7. Arizona State University: Wiley.
- Morison, D. F. (2005). *Multivariate Statistical Methods*. Victoria: Brooks/Cole Thomson Learning
- PDAM Surabaya (2012). *Peserta Jambore Air Betah di Instalasi Pengolahan Air Minum PDAM Ngagel*. Diakses pada 23 Januari 2017, http://www.pdam-sby.go.id/m/page.php?get=tampil_berita&id=58001&bhs=1#.WlIcebFEm00
- Rencher, Alvin C. 2002. *Methods Of Multivariate Analysis*. Canada: Wiley Interscience
- Said, N. I. (2008). *Teknologi Pengelolaan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Pengembangan Sumber Daya Alam.
- Sunaryo (2016). *Definisi Air*. Diakses pada 15 Desember 2016, <http://www.poztmo.com/2011/06/pengertian-definisi-air.html>

Sutrisno, T. (2010). Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta :
Rineka Cipta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan November 2016.

Bulan	Tanggal	<i>Turbidity</i>	pH	KMNO ₄	Sisa <i>Chlor</i>
November	1	0,88	7,21	6,85	0,61
	2	0,71	7,21	4,72	0,93
	3	0,73	7,03	3,83	1,58
	4	0,97	7,25	4,72	0,87
	5	0,89	7,46	4,11	0,99
	6	0,96	7,5	5,03	0,84
	7	0,98	7,21	5,64	0,7
	8	1,06	7,15	3,81	0,75
	9	0,76	7,22	5,75	0,52
	10	0,81	7,18	6,68	0,7
	11	0,92	7,28	7,3	0,51
	12	1,06	7,27	7,92	0,69
	13	1,29	7,24	5,75	0,98
	14	1,72	7,37	5,32	0,54
	15	1,39	7,32	7,32	0,62
	16	1,18	7,14	7,32	0,52
	17	1,64	7,11	6,71	0,49
	18	1,08	7,22	8,22	0,6
	19	1,24	7,72	6,65	1,26
	20	1,35	7,45	6,03	0,99
	21	1,92	7,24	5,4	0,75
	22	1,27	7,2	6,03	0,98
	23	1,4	7,15	5,71	1,31
	24	0,98	7,1	6,97	0,61

	25	0,93	7,09	5,33	0,81
	26	0,56	7,25	8,54	0,63
	27	0,68	7,32	8,84	1,08
	28	0,68	7,1	7,91	1,44
	29	0,7	7,21	8,84	0,98
	30	0,95	7,14	6,97	0,64

Lampiran 2. Data Produksi Air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Desember 2016.

Bulan	Tanggal	Turbidity	pH	KMNO4	Sisa Chlor
Desember	1	0,97	7,03	7,91	0,95
	2	0,91	7,14	8,22	0,92
	3	0,53	7,12	8,22	0,98
	4	0,71	7,26	8,54	1,04
	5	0,9	7,37	6,18	0,73
	6	1,07	7,28	4,46	0,72
	7	1,08	7,01	6,97	0,61
	8	1,19	7,15	6,65	0,77
	9	1,11	7,3	6,97	0,87
	10	1,19	7,2	8,69	0,77
	11	2,54	7,26	7,28	0,53
	12	1,38	7,31	6,97	1,64
	13	1,22	7,59	6,65	0,79
	14	1,6	7,45	9,16	0,55
	15	1,13	7,11	8,53	0,51
	16	1,04	7,22	6,58	0,61
	17	0,94	7,35	8,09	0,63
	18	1,9	7,13	6,27	0,93
	19	1,15	7,22	6,58	0,85

	20	0,91	7,11	6,42	0,74
	21	1,28	7,07	7,02	0,77
	22	0,85	7,14	4,93	0,78
	23	1,56	7,3	5,83	0,92
	24	1,08	7,44	4,03	1,25
	25	1,12	7,34	5,56	0,87
	26	1,36	7,36	4,33	1,52
	27	1,74	7,15	5,33	1,08
	28	0,98	7,27	4,31	1,4
	29	1,69	7,21	4,93	1,57
	30	1,2	7,25	6,34	0,6
	31	2	7,19	6,8	1,12

Lampiran 3. Output Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Surabaya Pada Bulan November 2016 (Fase I).

Descriptive Statistics: Turbidity; pH; KMNO4; Sisa Chlor

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Turbidity	1,0563	0,1089	0,5600	1,9200
pH	7,2447	0,0204	7,0300	7,7200
KMNO4	6,341	2,050	3,810	8,840
Sisa Chlor	0,8307	0,0818	0,4900	1,5800

Lampiran 4. *Output* Karakteristik Data Produksi Air di PDAM Surabaya Pada Bulan Desember 2016 (Fase II).

Descriptive Statistics: Turbidity; pH; KMNO4; Sisa Chlor

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Turbidity	1,2365	0,1701	0,5300	2,5400
pH	7,2365	0,0168	7,0100	7,5900
KMNO4	6,605	1,984	4,030	9,160
Sisa Chlor	0,9039	0,0925	0,5100	1,6400

Lampiran 5. *Output* Independensi Antar Variabel Pada Bulan November 2016 (Fase I).

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	,376
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	5,383
df	6
Sig.	,496

Lampiran 6. *Output* Independensi Antar Variabel Pada Bulan Desember 2016 (Fase II).

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	,555
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	8,287
df	6
Sig.	,218


```

Macro
NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2

MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar

#Nilai dj2
let n=count(x.1)
Covariance X.1-X.p MCova
invers MCova MCovaI
do i=1:n
  do j=1:p
    let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
  enddo

  copy xj xjxbar
  mult MCovaI xjxbar Kali
  let d=Kali*xj
  let dj2(i)=sum(d)
enddo
sort dj2 dj2

#Nilai qc
do i=1:n
  let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
enddo
INVCDF Prob qc;
Chisquare p.

#Plot dj2 dengan qc
plot qc*dj2;
symbol.

#Proporsi
INVCDF 0.5 Tengah;
Chisquare p.
let Prop=0
do i=1:n
  if dj2(i)<=Tengah

```

Lampiran 7. *Syntax* Pengujian Distribusi Normal Multivariat.

```

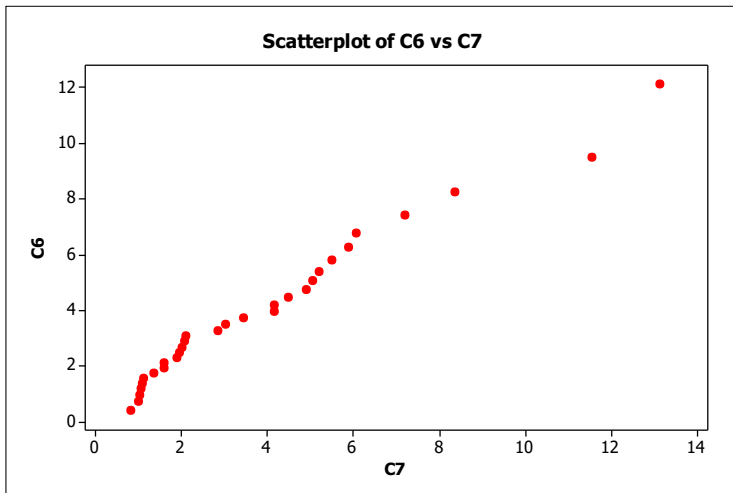
        let Prop=Prop+1
    endif
enddo
let Prop=Prop/n
print Prop

#Nilai Korelasi
corr qc dj2

name qc 'qc'
name dj2 'dj2'
endmacro

```

Lampiran 8. *Output* Pengujian Distribusi Normal Multivariat Fase I.



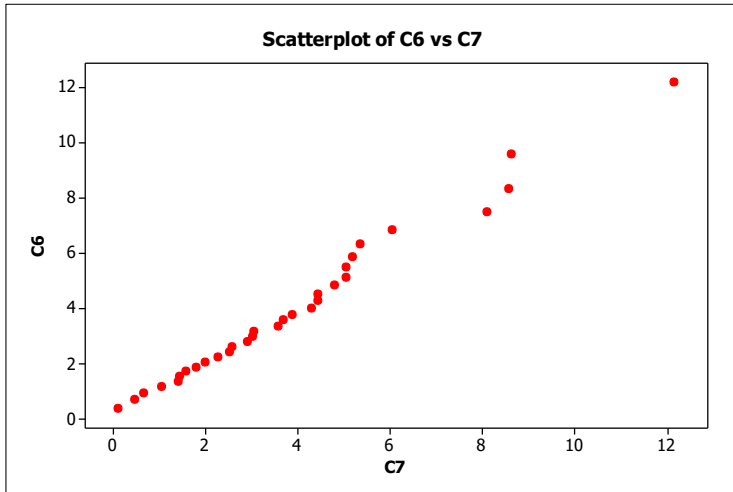
Data Display

Prop 0,533333

Correlations: C6; C7

Pearson correlation of C6 and C7 = 0,987

P-Value = 0,000

Lampiran 9. Output Pengujian Distribusi Normal Multivariat Fase II**Data Display**

Prop 0,483871

Correlations: C6; C7

Pearson correlation of C6 and C7 = 0,992

P-Value = 0,000

Lampiran 10. *Syntax* Analisis Peta Kendali M

```

%Menghitung Matriks Kovarian
S=cov(data)
%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
        V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
    end
end

%Menghitung Statistik M
inv_S=inv(S)
Vt=V.'
for j=1:n
    M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j)
end

%Menghitung Batas Kendali
ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p)
lcl=chi2inv(alpha/2,p)

%Mata Kendali
for j=1:n
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:n
    bkb(j,1)=lcl
end

```

```

x=1:m-1
y=M
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase I')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('M')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        o(j,1)=j; else o(j,1)=0
    end;
end;
obs=sum(o)

%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs_out=obs

```

Lampiran 11. *Output* Analisis Peta Kendali M Fase I

Plot Data Peta Kendali M	BKA	BKB
1,66080240446E+14	17,8004	0,1058
3,95594308771E+14	17,8004	0,1058
4,59235581815E+14	17,8004	0,1058
1,34677570851E+14	17,8004	0,1058

0.357986025261349	17,8004	0,1058
2,28047804258E+14	17,8004	0,1058
0.919305512469521	17,8004	0,1058
1,65951447510E+14	17,8004	0,1058
0.738292833915487	17,8004	0,1058
0.560664666147116	17,8004	0,1058
0.669572776309547	17,8004	0,1058
1,67218768011E+14	17,8004	0,1058
2,14716403162E+14	17,8004	0,1058
1,35714795406E+14	17,8004	0,1058
0.969174126513517	17,8004	0,1058
1,11017061275E+14	17,8004	0,1058
2,28753601327E+14	17,8004	0,1058
8,43822385393E+14	17,8004	0,1058
2,38841876381E+14	17,8004	0,1058
3,17769032510E+14	17,8004	0,1058
2,03907645758E+14	17,8004	0,1058
1,05753600525E+14	17,8004	0,1058
4,63670162849E+14	17,8004	0,1058
0.810360282435051	17,8004	0,1058
3,73101151764E+14	17,8004	0,1058
1,77957258933E+14	17,8004	0,1058
2,34746363562E+14	17,8004	0,1058
1,81873163966E+14	17,8004	0,1058
2,07151579466E+14	17,8004	0,1058

Lampiran 12. Output Analisis Peta Kendali M Fase II

Plot Data Peta Kendali M	BKA	BKB
0.455337085603028	17,8004	0,1058

0.466159609263385	17,8004	0,1058
0.799802732605162	17,8004	0,1058
3,70788E+14	17,8004	0,1058
1,47155E+14	17,8004	0,1058
3,37763E+14	17,8004	0,1058
0.690438852650066	17,8004	0,1058
0.907547237130984	17,8004	0,1058
0.993406953182146	17,8004	0,1058
6,75179E+14	17,8004	0,1058
1,25227E+14	17,8004	0,1058
8,14658E+14	17,8004	0,1058
2,52359E+14	17,8004	0,1058
4,47186E+14	17,8004	0,1058
1,27634E+14	17,8004	0,1058
1,53761E+14	17,8004	0,1058
5,66388E+14	17,8004	0,1058
2,04327E+14	17,8004	0,1058
0.633753567925796	17,8004	0,1058
0.627152210346144	17,8004	0,1058
2,122E+14	17,8004	0,1058
2,90459E+14	17,8004	0,1058
2,23803E+14	17,8004	0,1058
1,12034E+14	17,8004	0,1058
2,3984E+14	17,8004	0,1058
2,7412E+14	17,8004	0,1058
2,87607E+14	17,8004	0,1058
2,13353E+14	17,8004	0,1058
5,99023E+14	17,8004	0,1058
4,28917E+14	17,8004	0,1058

Lampiran 13. *Output Analisis Peta Kendali T² Hotelling Fase I*

Plot Peta Kendali T2 Hotelling	BAK	BKB
1,919154633	18,4	0
13,6156287	18,4	0
22,39212809	18,4	0
6,545558572	18,4	0
18,12953751	18,4	0
11,69339613	18,4	0
2,827293602	18,4	0
13,85570236	18,4	0
10,64777983	18,4	0
2,584062181	18,4	0
2,419735385	18,4	0
3,955795835	18,4	0
1,946086995	18,4	0
13,39541975	18,4	0
7,68232361	18,4	0
4,19537943	18,4	0
14,80866599	18,4	0
5,998573767	18,4	0
22,91668175	18,4	0
6,44805771	18,4	0
20,77870475	18,4	0
2,258550105	18,4	0
10,37426899	18,4	0
2,674914712	18,4	0
5,125444876	18,4	0
7,937705824	18,4	0

11,81832559	18,4	0
17,49288466	18,4	0
10,80815765	18,4	0
1,829879255	18,4	0

Lampiran 14. *Output Analisis Peta Kendali T² Hotelling Fase II*

Plot Peta Kendali T2 Hotelling	BKA	BKB
6,183308993	18,4	0
4,435802726	18,4	0
8,136446827	18,4	0
7,731588438	18,4	0
2,737129486	18,4	0
7,301464463	18,4	0
7,245670211	18,4	0
1,178743713	18,4	0
0,764811104	18,4	0
4,953872039	18,4	0
14,0725073	18,4	0
10,2634864	18,4	0
13,49369308	18,4	0
17,94960097	18,4	0
5,902063091	18,4	0
1,758756668	18,4	0
5,596481257	18,4	0
4,006901283	18,4	0
0,163792389	18,4	0
3,884950064	18,4	0
2,962808345	18,4	0

8,330400857	18,4	0
1,81632271	18,4	0
9,469632968	18,4	0
1,955610954	18,4	0
9,393391017	18,4	0
4,85832902	18,4	0
7,590041296	18,4	0
9,311474047	18,4	0
1,618638161	18,4	0
5,163406941	18,4	0

Lampiran 15. *Syntax* Analisis Kapabilitas Proses Fase I

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.26 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainvs am5 am6 mm mtt mvek
mvekt s cm2 cm3 cm4 vo voin
noecho

let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo

```

```
inve vo voin  
print voin
```

```
trans am1 am2  
mult am2 am1 am3  
inve am3 ainv  
print ainv
```

```
copy b.1-b.p mm  
trans mm mtt  
copy mtt vek.1-vek.26  
do i=1:n  
  copy vek.i mvek  
  trans mvek mvekt  
  mult mvekt ainv am5  
  mult am5 mvek am6  
  add s am6 s  
  print i s  
enddo
```

```
print s  
copy s sbr  
print sbr  
copy sbr sbaru  
print sbaru  
let t1=2.5  
let t2=7.5  
let t3=5  
let t4=0.6  
let c.1=mean(x.1)-t1  
let c.2=mean(x.2)-t2  
let c.3=mean(x.3)-t3  
let c.4=mean(x.4)-t4
```

```

print c.1-c.4
copy c.1-c.4 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro

```

Lampiran 16. *Syntax* Analisis Kapabilitas Proses Fase II

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.31 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainva am5 am6 mm mtt mvek
mvekt s cm2 cm3 cm4 vo voin
noecho

let n=count(x.1)
define 0 1 1 s

```

```

let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s

do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo

inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.31
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo

print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru

```

```
print sbaru

let t1=2.5
let t2=7.5
let t3=5
let t4=0.6
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
let c.3=mean(x.3)-t3
let c.4=mean(x.4)-t4
print c.1-c.4
copy c.1-c.4 cm1
print cm1

trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k

invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro
```

Lampiran 17. Surat Penerimaan di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.



PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA

Surabaya, 24 JAN 2017

Kepada

Nomor : 072/ 93 /PDAM/ I /2017
Sifat : BIASA
Lampiran :
Hal : Penelitian

Yth Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam.
ITS Surabaya
Jl. Kampus ITS Sukolilo
di -

SURABAYA

Sehubungan dengan Surat Saudara Nomor :
000070/IT2.VI.1.3/TU.00.08/2017 03 Januari 2017 perihal sebagaimana
tersebut dalam pokok surat, dengan ini diberitahukan bahwa Perusahaan
Daerah Air Minum Surya Sembada Kota Surabaya dapat menyetujui
permohonan Saudara dan pelaksanaannya dijadwalkan pada :

Tanggal : 31 Januari - 20 Februari 2017

Waktu : 07.30 WIB - selesai

Jumlah Peserta : 1 (Satu) orang

Tempat : **Pengendalian Proses.**

Catatan : Hasil Penelitian agar diserahkan kepada Sekretariat
& Humas setelah selesai penelitian dan tidak
mempublikasikan tanpa seijin / sepengetahuan
PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

Demikian atas perhatiannya disampaikan terima kasih.

a.n. Direksi Perusahaan Daerah Air Minum
Surya Sembada Kota Surabaya
Sekretaris Perusahaan,

SAYID M. IQBAL, S.Kom
NIP. 1.05.01321

Tembusan:

- Yth. 1. Pjs. Direktur Utama (sebagai laporan);
2. Manajer Pengendalian Proses;
3. Manajer Sekretariat dan Humas;

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

4. A.n. Alan Dwi Kesumo;
Universitas ITS Surabaya.

Kantor:

Jl. Mayjen Prof. Dr. Moestopo No. 2, Telp. 031-5039373, 5039676, Fax 031-5030100, Surabaya 60131
Website : www.pdam-sby.go.id Call Center : 292-6666 Layanan SMS : 081.2331-6666

ISO 9001 : 2008
ISO 17025 : 2005

Lampiran 18. Surat Pernyataan Keaslian Data**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS:

Nama : Alan Dwi Kesumo

NRP : 1314 030 104

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi *) yaitu

Sumber : PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Keterangan : Data hasil uji laboratorium parameter kualitas produksi air di Instalasi Penjernihan Air Minum (IPAM) Ngagel I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 12 Juli 2017

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Yang Membuat
Pernyataan



(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.)
NIP. 19610311 198701 2 001



(Alan Dwi Kesumo)
NRP 1314 030 104

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Alan Dwi Kesumo lahir di Surabaya, 31 Maret 1996 yang biasa dipanggil Alan merupakan anak ke-dua dari dua bersaudara di dalam keluarga. Penulis merupakan warga negara Indonesia, beragama Islam, dan bertempat tinggal di Jl. Krukah Selatan 13A/7 Surabaya. Sebelum mencapai jenjang pendidikan di Departemen Statistika Bisnis ITS penulis telah menempuh pendidikan formal di *Play Group*

dan TK Islam Dwimatra Surabaya, SDN Kaliasin I/280 Surabaya, SMPN 6 Surabaya, dan SMAN 21 Surabaya. Pada jenjang perkuliahan, penulis tumbuh dan berkembang di lingkungan yang sangat mendukung baik di bidang akademik maupun non akademik. Penulis merupakan bagian dari Keluarga HIMADATA-ITS dan PIONEER 2014 dengan nomor sigma $\sigma_{01.004}^2$. Selain berkuliah penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi untuk menambah ilmu dan pengetahuan yang tidak didapat di bangku kuliah. Penulis berkiprah di HIMADATA-ITS sebagai bagian dari Tim Ahli HIMADATA-ITS 15/16 dimana diberi amanah sebagai Ketua Pelaksana Cerdas Bersama Statistika ITS (CERITA) 2016 di tahun ke-dua perkuliahan. Pada tahun ke-tiga perkuliahan, penulis mendapat amanah untuk menjadi Ketua Departemen Media dan Informasi (MEDFO) HIMADATA-ITS 16/17. Informasi lebih lanjut mengenai penulis, dapat dihubungi melalui *e-mail*: alandwikesumo31@gmail.com dan No. HP: 0857 337 205 28.

